



PCT
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation ⁶ :

H01S 3/02, 3/042

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: **WO 99/27621**

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum:

3. Juni 1999 (03.06.99)

(21) Internationales Aktenzeichen:

PCT/AT98/00256

(22) Internationales Anmeldedatum: 22. Oktober 1998 (22.10.98)

(30) Prioritätsdaten:

A 1992/97

24. November 1997 (24.11.97) AT

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): FEMTO-LASERS PRODUKTIONS GMBH [AT/AT]; Kleinengersdorferstrasse 24, A-2100 Korneuburg (AT).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): STINGL, Andreas [AT/AT]; Kleinengersdorferstrasse 24, A-2100 Korneuburg (AT); KRAUSZ, Ferenc [AT/AT]; Kleinengersdorferstrasse 24, A-2100 Korneuburg (AT).

(74) Anwälte: SONN, Helmut usw.; Riemergasse 14, A-1010 Wien (AT).

(81) Bestimmungsstaaten: AU, BR, IL, JP, MX, SG, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: COOLING DEVICE FOR AN OPTICAL CRYSTAL OR LASER CRYSTAL

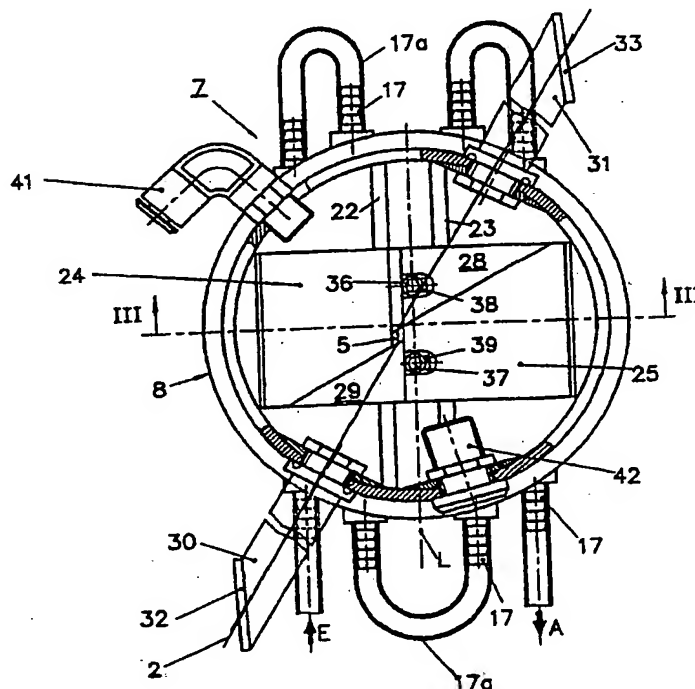
(54) Bezeichnung: KÜHLVORRICHTUNG FÜR EINEN OPTISCHEN KRISTALL BZW. LASERKRISTALL

(57) Abstract

The present invention relates to a cooling device (7) comprising Peltier elements (18) and mainly intended for cooling an optical crystal or a laser crystal (5) which is submitted to a high temperature stress and is used for generating laser beams (2), principally laser pulses. This device can for example be used for cooling the laser crystal of an optical amplifier or oscillator. In order to provide an efficient cooling while avoiding burning the crystal, said crystal (5) is arranged together with the Peltier elements (18) for cooling the same in an encapsulated container (8), the inner volume of which is maintained under vacuum and/or kept dry using a desiccating substance. Said crystal comprises at least one Brewster's window (32, 33) allowing the passage of the laser beams (2), wherein said window is arranged at an angle corresponding to the Brewster angle relative to the optical axis.

(57) Zusammenfassung

Kühlvorrichtung (7) mit Peltierelementen (18) für einen thermisch hoch belasteten optischen Kristall bzw. Laserkristall (5), von dem Laserstrahlen (2), insbesondere Laserpulse, erhalten werden, z.B. für den Laserkristall eines optischen Verstärkers oder Oszillators, wobei für eine effiziente Kühlung unter Vermeidung von Einbrennen der Kristall (5) zusammen mit den zu seiner Kühlung vorgesehenen Peltierelementen (18) in einem gekapselten Behälter (8) untergebracht ist, dessen Inneres evakuiert und/oder mittels einer Trocknungssubstanz trocken gehalten ist, und der zumindest ein Brewster-Fenster (32, 33) für den Durchtritt der Laserstrahlen (2) aufweist, das unter einem Winkel entsprechend dem Brewster-Winkel relativ zur optischen Achse angebracht ist.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidshjan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

Kühlvorrichtung für einen optischen Kristall bzw. Laserkristall

Die Erfindung betrifft eine Kühlvorrichtung mit Peltierelementen für einen thermisch hoch belasteten optischen Kristall bzw. Laserkristall, von dem Laserstrahlen, insbesondere Laserpulse, erhalten werden, z.B. für den Laserkristall eines optischen Verstärkers oder Oszillators.

Eine wirksame Kühlung von optischen Kristallen bzw. Laserkristallen, nachstehend auch kurz "Kristallen", in Laservorrichtungen ist dann von besonderer Bedeutung, wenn die Kristalle, z.B. Titan-Saphir-Kristalle (üblicherweise Ti:S-Laserkristalle bezeichnet), im Betrieb hohen Wärmebelastungen ausgesetzt werden. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn in einer Kurzpuls-Laservorrichtung (Oszillator) mit passiver Modenverkopplung der Kristall als optische Nichtlinearität genutzt wird und der Pumpstrahl und der Resonatorstrahl möglichst stark im Kristall fokussiert werden; der Kristall soll dabei, um die Materialdispersion niedrig zu halten, kleine Abmessungen und zum Ausgleich eine hohe Dotierung haben, wodurch die - spezifische - Wärmebelastung steigt, wie dies in der nicht vorveröffentlichten älteren Anmeldung WO-98/10 494-A dargelegt ist. Dort ist auch dargelegt, daß eine Kühlung auf unter 10°C wegen der dann auftretenden Feuchte-Kondensation problematisch ist, wobei auf dem Kristall kondensierte Tröpfchen zu einer raschen Beschädigung oder sogar Zerstörung des Kristalls führen können.

Von ganz besonderer Bedeutung ist ferner die Kühlung des Kristalls im Falle eines optischen Verstärkers, wie dies auch bereits in Optics Letters Vol. 22, Nr.16, 15. August 1997, S. 1256-1258, "0.2-TW laser system at 1 kHz" von Backus et al. ausgeführt wird. Bei einer solchen optischen Nachverstärkung von Oszillatorpulsen wird beispielsweise ebenfalls ein Ti:S-Laserkristall verwendet, in dem die Pulse aus dem Oszillator von einer Energie von einigen nJ auf eine Energie in der Größenordnung von 1 mJ (also um den Faktor 10^6) verstärkt werden. Zu diesem Zweck wird der Ti:S-Verstärkerkristall mit grünem Laserlicht "gepumpt", das z.B. eine Durchschnittsleistung von 10 bis 20 W hat, was ein Mehrfaches der Pumpleistung bei der Laserpulseerzeugung im Oszillator ist. Auch ist dadurch, daß der optische

Verstärker gepulst betrieben wird (z.B. beträgt die Pulsfrequenz ca. 1 kHz), die Pumpenergie auf einzelne Pulse konzentriert, die die Oszillatorpulse verstärken. Zufolge der dabei auftretenden sehr hohen Leistungen ist es daher wichtig, eine ausreichende Kühlung für den Kristall zu erzielen. Bei einer unzureichenden Kühlung des Kristalls ergibt sich nicht nur eine schlechte Effizienz ähnlich wie beim Oszillator, sondern auch ein ungünstiges Strahlprofil aufgrund des Effekts der "thermischen Linse", ~~der auch im erwähnten Artikel von Backus et al. erläutert wird.~~

Im Falle der Erwärmung des Kristalls bewirkt der dadurch in seinem Material erhaltene Temperaturgradient einen Brechungsindexgradienten, der den Laserstrahl beim Durchlaufen - je nach Kristall-Material - ungewollt fokussiert oder defokussiert. Durch eine gute Kühlung des Kristalls wird die thermische Leitfähigkeit des Kristall-Materials höher, und der Temperaturkoeffizient des Brechungsindex (der den Effekt der "thermischen Linse" bewirkt) wird bei den niedrigen Temperaturen kleiner, so daß ein Strahlprofil annähernd entsprechend dem idealen Gauß'schen Intensitätsprofil (über den Querschnitt) erzielt wird; auch wird dann der Wirkungsgrad verbessert. Gemäß dem Artikel von Backus et al. wird flüssiger Stickstoff zur Kühlung des Kristalls verwendet, wodurch zwar außerordentlich niedrige Temperaturen erzielt werden können, jedoch eine praktikable Ausführung des optischen Verstärkers für verschiedenste Einsatzzwecke, wie insbesondere für mobile Einsätze, verhindert wird.

Ein etwas anderer optischer Verstärker ist im Artikel "Generation of 0.1-TW 5-fs optical pulses at a 1-kHz repetition rate" von S. Sartania et al., Optics letters Vol.22, Nr. 20, 15. Oktober 1997, beschrieben, wobei dort nur allgemein erwähnt wird, daß zur Kühlung des Verstärkerkristalls ein Peltierkühler verwendet wird. Damit bleibt jedoch das Problem, daß sich bei einem intensiven Kühlen am Kristall nicht nur Kondenswasser, sondern sogar Eis bildet, und daß Verunreinigungen in der Luft vorhanden sind, die sich am Kristall festsetzen; diese Eisbildungen und Verunreinigungen führen im Betrieb zur - lokalen - Zerstörung der Kristalloberfläche durch Einbrennen.

Es ist nun Ziel der Erfindung, hier Abhilfe zu schaffen und eine Kühlvorrichtung der eingangs angeführten Art vorzusehen, mit der einerseits trotz einfacher, insbesondere für mobile An-

wendungen, geeigneten Konstruktion eine gute Kühlung im Hinblick auf einen hohen Wirkungsgrad und ein optimales Strahlprofil erzielt wird, und mit der andererseits durch Vermeidung von Einbrennen von Kondenswasser (Eis) bzw. Verunreinigungen eine lange Lebensdauer des Laserkristalls sichergestellt wird.

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung der eingangs angeführten Art ist dadurch gekennzeichnet, daß der Kristall zusammen mit den zu seiner Kühlung vorgesehenen Peltierelementen in einem gekapselten Behälter untergebracht ist, ~~daß das Innere des Behälters~~ evakuiert und/oder mittels einer Trocknungssubstanz trocken gehalten ist, und daß der Behälter zumindest ein Brewster-Fenster für den Durchtritt der Laserstrahlen aufweist, das unter einem Winkel entsprechend dem Brewsterwinkel relativ zur optischen Achse angebracht ist.

Durch das Kapseln des Behälters ist es möglich, das Behälterinnere zu evakuieren oder aber trocken zu halten, so daß sich kein Kondenswasser am optischen Kristall bzw. Laserkristall absetzen kann; weiters wird hier eine definierte, saubere Umgebung (Vakuum oder reine, d.h. von Verunreinigungen freie, trockene Luft) für den Kristall ermöglicht. Demgemäß können lange Betriebszeiten erzielt werden, was auch im Hinblick auf den beim Einbau und bei der genauen Justierung von optischen Kristallen bzw. Laserkristallen erforderlichen Aufwand ein bedeutender Vorteil ist. Sodann zeichnet sich die vorliegende Kühlvorrichtung dadurch aus, daß sie wegen der Verwendung der thermoelektrischen Kühlelemente, d.h. Peltierelemente, in Verbindung mit dem gekapselten Behälter einen kompakten, einfachen, handlichen Aufbau der Laservorrichtung ermöglicht, wobei überdies die Verwendung in Fahrzeugen, z.B. auch in Flugzeugen, problemlos möglich ist, da sie im Betrieb Schwerkraft-unabhängig ist, im Gegensatz zu einer Kühlung mit flüssigem Stickstoff. Der Behälter kann dabei mit einem dicht verschließbarem Anschluß für ein Evakuieren sowie mit dichten elektrischen Leitungsdurchführungen für die Stromversorgung der Peltierelemente versehen sein.

Für den Durchtritt der Laserstrahlen sind weiters im Hinblick auf die hohen Intensitäten, die bei den hier in Rede stehenden Anwendungen auftreten, ~~sogenannte Brewster-Fenster~~ am Behälter vorgesehen. Dadurch können ungewollte Reflexionen ver-

- 4 -

hindert werden, und zwar ohne die sonst hierfür eingesetzten Breitband-Antireflexbeschichtungen; derartige dielektrische Beschichtungen würden nämlich den genannten hohen Intensitäten (z.B. Spitzenleistungen im MW- bis GW-Bereich bei Strahldurchmessern von < 10 mm und bei Pulsdauern im 10fs- bis ps-Bereich, ausgehend von einer Durchschnittsleistung von 100 mW bis zum Wattbereich; Pumpparameter: Durchschnittsleistung einige W bis einige 10 W, Pumpenergie einige mJ; hohe Wiederholfrequenzen im kHz-Bereich, was zu Spitzenleistungen im mW- bis MW-Bereich führt) nicht standhalten.

Es sei noch erwähnt, daß es bei Halbleiterlasern bekannt ist, vgl. z.B. DE 33 07 933 C, DE 39 22 800 A, JP 1-122 183 A oder EP 259 888 A, gekapselte Module zu verwenden, in denen ein Laserdiodenelement in Verbindung mit einem Peltierelement vorliegt. Dabei sind jedoch keine hohen Laserleistungen und damit auch nur niedrige thermische Belastungen der Laserdiodenelemente gegeben, und die Peltierelemente werden hier tatsächlich zur Temperaturstabilisierung eingesetzt. Dies ist bei den bekannten Halbleiterlasern deshalb von Bedeutung, weil im Fall von Laserdioden die Laser-Wellenlänge wesentlich von der Temperatur des Halbleiterchips abhängt, wobei vielfach auch dessen Erwärmung notwendig ist, um die richtige Wellenlänge zu erhalten. Im übrigen ist bei diesen bekannten Einrichtungen eine Evakuierung des Moduls bzw. dessen Trocknung mittels Trocknungssubstanzen nicht angesprochen.

Mit den Peltierelementen kann in den meisten Fällen ohne Schwierigkeiten eine ausreichende Kühlung des Laserkristalls erzielt werden, wobei sich gezeigt hat, daß eine Temperaturdifferenz von ca. 50°C oder 70°C an den Peltierelementen zumeist genügt. Für eine besonders starke Kühlung bzw. Wärmeableitung vom Laserkristall kann es auch vorteilhaft sein, wenn die Peltierelemente gestapelt vorgesehen sind. Dabei können Temperaturwerte von -50°C oder -100°C auf der kalten Seite, bei einer Umgebungstemperatur (ca. 20°C) auf der warmen Seite, ohne weiters erreicht werden. An sich sind Temperaturdifferenzen an den Peltierelementen bis zu 130°C, bei Einsatz herkömmlicher Peltierelemente, möglich, so daß bis auf Temperaturen tiefer als -100°C gekühlt werden kann.

Der optische Kristall bzw. Laserkristall kann plättchenför-

mig und - im Hinblick auf die erzielbare gute Kühlung - vergleichsweise klein dimensioniert werden und auch im Fall der Anwendung in einen Verstärker beispielsweise Abmessungen von nur ca. 3 mm in der Breite und Länge, mit einer Höhe von bloß 1 bis 1,5 mm, aufweisen.

Für die Fixierung des Kristalls unter Sicherstellung eines guten Wärmeüberganges und einer guten Wärmeableitung ist es auch von Vorteil, wenn der Kristall zwischen gut wärmeleitenden Kühlbacken gehalten ist, an denen die Peltierelemente anliegen. Hierbei ist es zur Erzielung einer möglichst großen Wärmeübergangsfläche sowie einer besonders einfachen Halterung des Kristalls überdies günstig, wenn die Kühlbacken den Kristall an vier Seiten formschlüssig umgreifen und festhalten. Eine hinsichtlich Herstellung und Montage günstige Lösung wird hier weiters erzielt, wenn eine von zwei an gegenüberliegenden Seiten am Kristall anliegenden Kühlbacken einen den auf der anderen Kühlbacke aufliegenden Kristall übergreifenden Nasenfortsatz aufweist und die Kühlbacken in Laserstrahlrichtung vor bzw. hinter dem Kristall mit Vertiefungen für den Durchlaß der Laserstrahlen versehen sind.

Um die Peltierelemente an ihrer "warmen" Seite auf Umgebungstemperatur (oder sogar darunter) zu halten, ist es ferner von Vorteil, wenn die Peltierelemente an der von den Kühlbacken abgewandten warmen Seite an einem Kühlsockel anliegen. Dabei hat es sich für eine effiziente Kühlung der warmen Seite der Peltierelemente auch als vorteilhaft erwiesen, wenn der Kühlsockel flüssigkeitsgeköhlt ist. Der Kühlsockel kann dabei die verschiedensten Formen haben, wie z.B. eine Quaderform oder Scheibenform. Für die Erzielung einer hohen Kälte-Speicherkapazität sowie für eine stabile Unterbringung der Peltierelemente und der Kühlbacken und für eine einfache Fertigung ist es weiters günstig, wenn der Kühlsockel durch einen allgemein zylindrischen Körper mit einem allgemein V-förmigen Einschnitt an einer Stirnseite gebildet ist, der die Peltierelemente sowie die Kühlbacken mit dem Kristall aufnimmt. Dabei ist es aus Bearbeitungsgründen, auch hinsichtlich der Anlagefläche der Peltierelemente und Kühlbacken, von Vorteil, wenn der V-förmige Einschnitt einen Scheitelwinkel von 90° aufweist. Für die Ausrichtung der Peltierelemente und als Montageerleichterung ist es

überdies vorteilhaft, wenn der allgemein V-förmige Einschnitt schräge Auflageflächen für die Peltierelemente definiert und an den inneren, einander benachbarten Enden der Auflageflächen von diesen hochstehende Anschläge für die Peltierelemente vorgesehen sind.

Eine besonders einfache Ausbildung des gekapselten Behälters, die eine gute Abdichtung z.B. mit O-Ringen ermöglicht, kann erhalten werden, wenn der Behälter ein mit einem Deckel verschlossenes Rohrgehäuse aufweist. ~~Hierbei ist es weiters vorteilhaft,~~ wenn der Kühlsockel an seiner von den Peltierelementen abgewandten Stirnseite mit einem Flansch versehen ist, mit dem das Rohrgehäuse dicht verbunden ist. Auch ist es günstig, wenn der Kühlsockel im Bereich des Flansches mit Bohrungen für den Durchfluß der Kühlflüssigkeit versehen ist.

Damit die Laserstrahlen beim Durchtritt durch die Fenster eine auf die Flächeneinheit ihres Querschnitts bezogene geringe Leistung haben (und so kein Einbrennen oder Zerstören der Fenster nach kurzen Betriebszeiten verursachen), sollten die Laserstrahlen an der Stelle der Fenster einen möglichst großen Querschnitt haben, d.h. außer Fokus sein, was bedeutet, daß für die Fenster ein bestimmter Abstand (z.B. ca. 8 bis 10 cm) zum Kristall - wo Fokussierung vorliegt - eingehalten werden sollte. Um dies ohne Vergrößerung des gesamten Behälters zu ermöglichen, ist es auch günstig, wenn der gekapselte Behälter, vorzugsweise an einander gegenüberliegenden Seiten, mit (je) einem von ihm abstehenden, dicht angebrachten Rohrstutzen versehen ist, der an seinem äußeren Ende mit dem Fenster für den Durchtritt der Laserstrahlen abgeschlossen ist.

Die Erfindung betrifft auch eine Laservorrichtung mit einer Kühlvorrichtung wie vorstehend dargelegt.

Die Erfindung wird nachstehend anhand eines in der Zeichnung dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispieles, auf das sie jedoch nicht beschränkt sein soll, noch weiter erläutert. Im einzelnen zeigen:

Fig.1 ein Schema der wesentlichen Teile eines optischen Verstärkers;

Fig.2 eine aufgeschnittene Draufsicht auf eine Kühlvorrichtung für den bei einem solchen optischen Verstärker verwendeten Laserkristall;

Fig.3 einen axialen Schnitt durch diese Kühlvorrichtung, gemäß der Linie III-III in Fig.2;

Fig.4 eine Draufsicht auf einen bei dieser Kühlvorrichtung verwendeten Montage- und Kühlsockel;

Fig.5 eine Ansicht dieses Kühlsockels, im Bereich des unteren Flanschteiles teilweise aufgeschnitten;

Fig.6 einen Querschnitt durch den Flanschbereich dieses Kühlsockels, gemäß der Linie VI-VI in Fig.5;

Fig.7 eine der bei der Kühlvorrichtung gemäß Fig.2 und 3 verwendeten Kühlbacken für den Laserkristall in einer Draufsicht (Fig.7a), Vorderansicht (Fig.7b) und Stirnansicht (Fig.7c);

Fig.8 die andere der bei der Kühlvorrichtung gemäß Fig.2 und 3 verwendeten Kühlbacken, ebenfalls in einer Draufsicht (Fig.8a), Vorderansicht (Fig.8b) und Stirnansicht (Fig.8c); und

Fig.9 in einer Detailansicht in größerem Maßstab die Einspannung des Laserkristalls zwischen den Kühlbacken gemäß Fig.7 und 8 unter Zwischenlage von Indiumfolien.

Die erfindungsgemäße Kühlvorrichtung wird nachstehend beispielhaft in Zusammenhang mit einem optischen Verstärker, wie er schematisch in Fig.1 in seinen wesentlichen Teilen angedeutet ist, näher beschrieben; selbstverständlich kann die Kühlvorrichtung, wenngleich sie aufgrund der effizienten Kühlung besondere Vorteile bei optischen Verstärkern bringt, aber auch bei anderen Laservorrichtungen, z.B. bei Oszillatoren, angewendet werden. Auch sind die nachstehend angegebenen Materialien für den optischen Kristall bzw. Laserkristall (Titan-Saphir-Kristall) ebenso wie für die Ausbildung des Pumplasers (frequenzverdoppelter Nd:YLF-Laser-Neodym-Yttrium-Lithium-Fluorid-Laser) nur als Beispiel zu verstehen.

In Fig.1 ist schematisch eine Anordnung der wesentlichen Komponenten eines optischen Verstärkers gezeigt, wobei im dargestellten Beispiel der optische Verstärker als sog. "Multipass-Verstärker" veranschaulicht ist, vgl. auch den bereits erwähnten Aufsatz von Backus et al. "0.2-TW laser system at 1 kHz". Selbstverständlich könnte die Erfindung aber auch bei anderen optischen Verstärkern, nämlich insbesondere bei den sog. regenerativen Verstärkern, eingesetzt werden, wo ein mehrmaliger kolinearer Durchlauf des Laserstrahles erfolgt, bevor er, z.B. mit Hilfe von Pockelszellen, den Verstärker verläßt.

Im einzelnen ist in Fig.1 schematisch bei 1 ein Pumplaser, z.B. ein frequenzverdoppelter Nd-YLF-Laser, gezeigt, der einen Laserstrahl, den sog. Pumpstrahl, abgibt, welcher schematisch in Fig.1 bei 2 angedeutet ist, und welcher die Energie für die Verstärkung von Laserpulsen liefert. Diese Laserpulse werden bei 3 von einem nicht näher gezeigten, an sich herkömmlichen Laseroszillator der allgemein mit 4 bezeichneten eigentlichen Verstärkeranordnung zugeführt. ~~Wesentliches Element dieser Verstärkeranordnung 4 ist ein in Fig.1 ebenfalls nur ganz schematisch und ohne Kühlvorrichtung gezeigter optischer Kristall bzw. Laserkristall 5, nachstehend kurz Kristall genannt, beispielsweise ein Ti:S- Kristall, in dem die Laserstrahlen bei den durch verschiedene Linien mit entsprechenden Pfeilen angegebenen verschiedenen Durchläufen fokussiert werden. Insbesondere sind zwei Fokussierungsspiegel M1, M2 für den Verstärkerstrahl beidseits des Kristalls 5 vorgesehen, wobei zumindest der Fokussierungsspiegel M1 halbdurchlässig ist, um den Pumpstrahl 2, der von einer Fokussierungslinse L1 herkommt, zum Kristall 5 durchzulassen. Weiters sind in Fig.1 bei R1 und R2 noch Retroreflektoren für den Verstärkerstrahl gezeigt, welche für die verschiedenen Multipass-Positionen des Laserstrahls im Raum sorgen, wobei die Retroreflektoren R1 überdies in einem vorbestimmten Abstand voneinander angebracht sind, damit die vom Oszillator kommenden Laserpulse dort durch den so gebildeten Spalt in die Verstärkeranordnung 4 eintreten können. Sodann ist vor den Retroreflektoren R2 eine Blende A mit z.B. einer 4-, 6- oder 8-Loch-Apertur zur Unterdrückung von Lasertätigkeit im Verstärker 4 angeordnet, und zum Auskoppeln der verstärkten Laserpulse ist ein Spiegel 6 vorgesehen. Die verstärkten Laserpulse P können beispielsweise einem Kompressor zugeführt werden, wie dies an sich bekannt und daher nicht näher dargestellt ist, wobei in diesem Kompressor die Laserpulse in ihrer Dauer verkürzt werden.~~

Zur optischen Verstärkung wird ein Pumplaser 1 verwendet, der beispielsweise Pulse mit einer Frequenz von ungefähr 1 kHz, mit einer Durchschnittsleistung von 10 bis 20 W, erzeugt. Da die zu verstärkenden Laserpulse vom Oszillator mit einer um Größenordnungen höheren Frequenz ankommen, wird üblicherweise in Verbindung mit der Verstärkeranordnung 4 auch eine Anordnung, etwa mit Pockelszellen, zur Unterdrückung der nicht-verstärkten Pulse

eingesetzt, was aber in Fig.1 nicht näher veranschaulicht ist. Zur weiteren Information hierüber kann aber auf den bereits erwähnten Artikel von Sartania et al. "Generation of 0.1-TW 5-fs optical pulses at a 1-kHz repetition rate" oder auf den Artikel von Backus et al. "0.2-TW laser system at 1 kHz" verwiesen werden. Zum leichteren Verständnis sei hier nur noch angeführt, daß beispielsweise die Laserpulse, die vom Oszillator kommen, eine Frequenz von 75 MHz haben, und daß dann nur jeder 75.000-ste Puls durchgelassen und mit Energie - die vom Pump laser kommt - angereichert wird.

Im Hinblick auf die hohen Leistungen, die die Pumppulse aufweisen, sowie auch im Hinblick auf die Fokussierung dieser Pumppulse in einem relativ kleinen Kristall-Volumen kommt es dort zu einer entsprechenden Wärmeentwicklung, so daß einer effizienten Kühlung des Kristalls eine hohe Bedeutung zukommt. Dabei ist jedoch im Hinblick auf industrielle Anwendungen des Verstärkers oder allgemein der Lasereinrichtung eine Kühlung mit flüssigem Stickstoff, wie bei der bekannten Anordnung, unzuverlässig und unhandlich und überdies von der Schwerkraft abhängig, so daß sich eine derartige Kühlvorrichtung nicht für mobile Einsatzzwecke eignet.

Anhand der Fig.2 bis 9 wird nun eine allgemein mit 7 bezeichnete Kühlvorrichtung erläutert, die den gestellten Anforderungen, wie ausreichende Kühlung, kompakter, einfacher, handlicher Aufbau, Unabhängigkeit von der Schwerkraft usw., Rechnung trägt, und die sich überdies dadurch auszeichnet, daß lange Betriebszeiten für die Kristalle erzielt werden können.

Die Kühlvorrichtung 7 umfaßt, wie den Fig.2 und 3 zu entnehmen ist, einen gekapselten, dicht abgeschlossenen Behälter 8, der ein Rohrgehäuse 9 mit endseitigen Flanschen 10, 11 aufweist, an welchen ein Deckel 12 und ein Kühlsockel 13 über einen Flansch 13a mittels Schrauben 14 befestigt sind, wobei zusätzlich O-Dichtungsringe 15 aus Gummi oder elastischem Kunststoff zwischen den Flanschen 10, 11 einerseits und dem Deckel 12 bzw. dem Kühlsockel 13 andererseits vorgesehen sind.

Wie insbesondere aus den Fig.5 und 6 ersichtlich ist, weist der Kühlsockel 13 vier zueinander parallele Bohrungen 16 für den Durchfluß einer Kühlflüssigkeit, z.B. Wasser, auf, wobei in den Enden der Bohrungen 16 Anschlußnippel 17 (vgl. Fig.2) einge-

schraubt sind, die zur Hintereinanderschaltung der Bohrungen 16 über in Fig.2 gestrichelt angedeutete Leitungen oder Schläuche 17a dienen. Die Kühlflüssigkeit tritt beispielsweise gemäß Pfeil E ein und gemäß Pfeil A aus.

Der Kühlsockel 13 besteht z.B. aus Kupfer oder Aluminium, während der Deckel 12 beispielsweise aus Kunststoff und das Rohrgehäuse 9 z.B. aus Aluminium bestehen.

Von der Basis des Kühlsockels 13 erstreckt sich nach oben ein außen allgemein zylindrischer Körper 19, der zur Aufnahme von Peltierelementen 18, z.B. den unter der Bezeichnung Melcor Thermoelectrics 2 2 SC 055 045-127-63 im Handel erhältlichen Peltierelementen, dient und an der Innenwand des Rohrgehäuses 9 anliegt. Der Körper 19 weist mittig einen V-förmigen Einschnitt 20 mit einem Scheitelwinkel von 90° auf, so daß beidseitig der Mittellinie L (s. Fig.2) zwei Auflageflächen 21 für die Peltierelemente 18 definiert werden, wobei an den inneren, einander benachbarten Enden der Auflageflächen 21 hochstehende Anschläge 22, 23 für die Peltierelemente 18 vorgesehen sind. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel sind jeweils zwei Blöcke von Peltierelementen 18 übereinander gestapelt auf den Auflageflächen 20 angeordnet. Die Wärmeabgebende oder "warme" Seite der Peltierelemente 18 liegt hierbei an den beiden Auflageflächen 21 an, wogegen die Wärmeaufnehmende oder "kalte" Seite der Peltierelemente 18 an zwei Kühlbacken 24, 25 anliegt, welche die Peltierelemente 18 in ihrer Lage fixieren und deren Form im Detail aus den Fig.7A bis 7C und 8A bis 8C ersichtlich ist.

Wie insbesondere den Vorderansichten nach Fig.7B und 8B zu entnehmen ist, sind die Kühlbacken 24 und 25 allgemein keilförmig, mit einem Seitenwinkel von beispielsweise 45° , ausgebildet, so daß sie im montierten Zustand den V-förmigen Einschnitt mit dem Scheitelwinkel von 90° des Körpers 19 ausfüllen. Die in Fig.2 rechts der Mittellinie L angeordnete Kühlbacke 25 weist einen Nasenfortsatz 26 (s. Fig.8B) auf, der die links der Mittellinie L angeordnete Kühlbacke 24 übergreift und mit seiner Unterseite am Kristall 5 (s. außer Fig.2 und 3 auch Fig.9) anliegt, der in einer abgestuften Ausnehmung 27 der Kühlbacke 24 aufliegt (s. Fig.7B). Der Kristall 5 hat die Form eines Parallelepipeds, dessen optische Hauptachse parallel zur Mittellinie L ausgerichtet ist, und dessen Endflächen einen Winkel von

z.B. ca. 60° zur Hauptachse einnehmen.

Aus der Draufsicht auf die Kühlbacke 25 nach Fig.8A ist ersichtlich, daß der auf dem Kristall 5 aufliegende Nasenfortsatz 26 ebenfalls schräg unter einem Winkel von 60° verläuft, wobei in Fortsetzung der in Fig.8A oberen Kante des Nasenfortsatzes 26 die Kühlbacke 25 eine abgestufte Ausnehmung 28 aufweist, deren Grenzfläche ebenfalls unter einem Winkel von 60° zur Mittellinie L verläuft.

In gleicher Weise weist die Kühlbacke 24 ebenfalls - in gedachter Fortsetzung des Nasenfortsatzes 26, s. auch Fig.2 und Fig. 7A - eine abgestufte Ausnehmung 29 auf, die ebenfalls schräg zur Mittellinie L unter einem Winkel von 60° verläuft.

Die Tiefe T_1 der Abstufung 28 in der Kühlbacke 25 und der Abstufung 29 in der Kühlbacke 24 ist gleich groß, aber größer als die Tiefe T_2 der Abstufung 27 in der Kühlbacke 24. Die Höhe H des Nasenfortsatzes 26 entspricht der Tiefe T_2 der Abstufung 27, vermindert um die Dicke des Kristalls 5.

Somit wird durch die abgestuften Ausnehmungen 28, 29 der Kühlbacken 25, 24 ein freier Raum für den jeweiligen Laserstrahl 2 (s. Fig.2) geschaffen, der über die freiliegenden Endflächen des Kristalls 5 in diesen ein- und aus diesem austreten kann.

Für den Durchtritt des Laserstrahls 2 sind am Rohrgehäuse 9 des Behälters 8 auf gegenüberliegenden Seiten Rohrstutzen 30, 31 angebracht, die an ihren äußeren Enden mit Fenstern 32, 33 abgeschlossen sind, wobei die Fenster 32, 33 unter einem Winkel entsprechend den Brewsterwinkel (z.B. 56°) relativ zur Hauptachse des Laserstrahls 2 angebracht sind, um Reflexionen auszuschalten.

Die etwas größere Kühlbacke 25 weist zwei zur Mittellinie L parallel verlaufende Nuten oder Einfräsungen 34, 35 auf, die zur Aufnahme von Befestigungsschrauben 36, 37 dienen, wobei die Köpfe der Schrauben 36, 37 in Langloch-förmigen Ansenkungen 38, 39 in der Kühlbacke 25 versenkt angeordnet sind. Die Enden der Schrauben 36, 37 sind in Gewindesackbohrungen 40 im Kühlsockel 13 eingeschraubt (s. Fig.2).

Zur Evakuierung des Behälters 8 ist am Rohrgehäuse 9 ein nach außen abgewinkelter Rohranschluß 41 vorgesehen. Über eine ebenfalls im Rohrgehäuse 9 angebrachte Kabeldurchführung oder einen vakuumdichten Anschlußstecker 42 erfolgt die Stromversor-

gung für die Peltierelemente 18. Der Evakuier-Rohranschluß 41 kann z.B. nach dem Evakuieren dicht verschlossen werden. Falls die Dichtheit des gekapselten Behälters 8 insgesamt nicht über längere Zeiträume aufrechterhalten werden kann, wobei der optische Verstärker weiter in Betrieb ist, so kann auch zwischendurch immer wieder eine an den Rohranschluß 41 angeschlossene Pumpe (nicht gezeigt) in Betrieb gesetzt werden, um den Behälter 8 - beispielsweise auf einen Druck von einigen 10 mbar - zu evakuieren.

Wie aus der Detaildarstellung nach Fig.9 hervorgeht, ist der Kristall 5 über Folien 43, 44 aus Indium zwischen den abgestuften Ausnehmungen 28, 29 bzw. dem Nasenfortsatz 36 der beiden Kühlbacken 24, 25 eingebettet; wodurch ein guter Wärmeübergang zwischen dem Kristall 5 und den Kühlbacken 24, 25 resultiert.

Anstelle einer Evakuierung des Behälters 8 könnte auch eine Bestückung (d.h. Anbringung der Peltierelemente und des Laserkristalls) in einem Reinraum erfolgen, wonach der Behälter 8 unter Anbringung einer an sich bekannten Trocknungssubstanz, wie Silikagel, beispielsweise neben den Kühlbacken 24, 25, dicht verschlossen wird. Dadurch wird ebenfalls das Absetzen von Partikeln und Kondenswassertröpfchen am Kristall 5 verhindert.

Eine modifizierte Bauform der Kühlvorrichtung könnte weiters auch darin bestehen, den Kristall 5 sandwichartig zwischen oberen und unteren Peltierelementen anzubringen, an deren äußeren, d.h. oberen bzw. unteren, vom Kristall 5 abgewandten Seiten je ein - z.B. plattenförmiger - Kühlsockel anliegt.

Es ist auch möglich und vielfach zweckmäßig, die Temperatur des Kristalls 5 im Betrieb in an sich bekannter Weise zumindest zu überwachen, vorzugsweise zu regeln; zu diesem Zweck kann in einer der Kühlbacken, z.B. 25, ein Thermofühler eingesetzt werden (nicht dargestellt) der mit einem Temperatur-Überwachungs- oder -Regel-Schaltkreis verbunden wird. In Fig.8A ist eine Bohrung 45 gezeigt, in die ein solcher, an sich herkömmlicher Temperaturfühler eingesetzt werden kann.

Patentansprüche:

1. Kühlvorrichtung (7) mit Peltierelementen (18) für einen thermisch hoch belasteten optischen Kristall bzw. Laserkristall (5), von dem Laserstrahlen (2), insbesondere Laserpulse, erhalten werden, z.B. für den Laserkristall eines optischen Verstärkers oder Oszillators, dadurch gekennzeichnet, daß der Kristall (5) zusammen mit den zu seiner Kühlung vorgesehenen Peltierelementen (18) in einem gekapselten Behälter (8) untergebracht ist, daß das Innere des Behälters (8) evakuiert und/oder mittels einer Trocknungssubstanz trocken gehalten ist, und daß der Behälter (8) zumindest ein Brewster-Fenster (32, 33) für den Durchtritt der Laserstrahlen (2) aufweist, das unter einem Winkel entsprechend dem Brewsterwinkel relativ zur optischen Achse angebracht ist.
2. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Peltierelemente (18) gestapelt vorgesehen sind.
3. Kühlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Kristall (5) zwischen gut wärmeleitenden Kühlbacken (24, 25) gehalten ist, an denen die Peltierelemente (18) anliegen.
4. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlbacken (24, 25) den Kristall (5) an vier Seiten form-schlüssig umgreifen und festhalten.
5. Kühlvorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine (35) von zwei an gegenüberliegenden Seiten am Kristall (5) anliegenden Kühlbacken (24, 25) einen den auf der anderen Kühlbacke (24) aufliegenden Kristall (5) übergreifenden Nasenfortsatz (26) aufweist und die Kühlbacken in Laserstrahl-richtung vor bzw. hinter dem Kristall (5) mit Ausnehmungen (28, 29) für den Durchlaß der Laserstrahlen (2) versehen sind.
6. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Peltierelemente (18) an der von den Kühlbacken (24, 25) abgewandten warmen Seite an einem Kühlsockel (13) anliegen.
7. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlsockel (13) flüssigkeitsgekühlt ist.
8. Kühlvorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlsockel (13) durch einen allgemein zylindrischen

Körper (19) mit einem V-förmigen Einschnitt (20) an einer Stirnseite gebildet ist, der die Peltierelemente (18) sowie die Kühlbacken (24, 25) mit dem Kristall (5) aufnimmt.

9. Kühlvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der V-förmige Einschnitt (20) einen Scheitelwinkel von 90° aufweist.

10. Kühlvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der V-förmige Einschnitt (20) schräge Auflageflächen (21) für die Peltierelemente (18) definiert und an den inneren, einander benachbarten Enden der Auflageflächen (21) von diesen hochstehende Anschläge (22, 23) für die Peltierelemente (18) vorgesehen sind.

11. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Behälter (8) ein mit einem Deckel (12) verschlossenes Rohrgehäuse (9) aufweist.

12. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10 und nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlsockel (13) an seiner von den Peltierelementen (18) abgewandten Stirnseite mit einem Flansch (13a) versehen ist, mit dem das Rohrgehäuse (9) dicht verbunden ist.

13. Kühlvorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlsockel (13) im Bereich des Flansches (13a) mit Bohrungen (15) für den Durchfluß der Kühlflüssigkeit versehen ist.

14. Kühlvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der gekapselte Behälter (8) vorzugsweise an einander gegenüberliegenden Seiten mit (je) einem von ihm abstehenden, dicht angebrachten Rohrstutzen (30, 31) versehen ist, der an seinem äußeren Ende mit dem Fenster (32, 33) für den Durchtritt der Laserstrahlen (2) abgeschlossen ist.

15. Laservorrichtung mit einem thermisch hoch belasteten optischen Kristall bzw. Laserkristall (5) und mit einer Kühlvorrichtung (7) nach einem der Ansprüche 1 bis 14.

Fig. 1

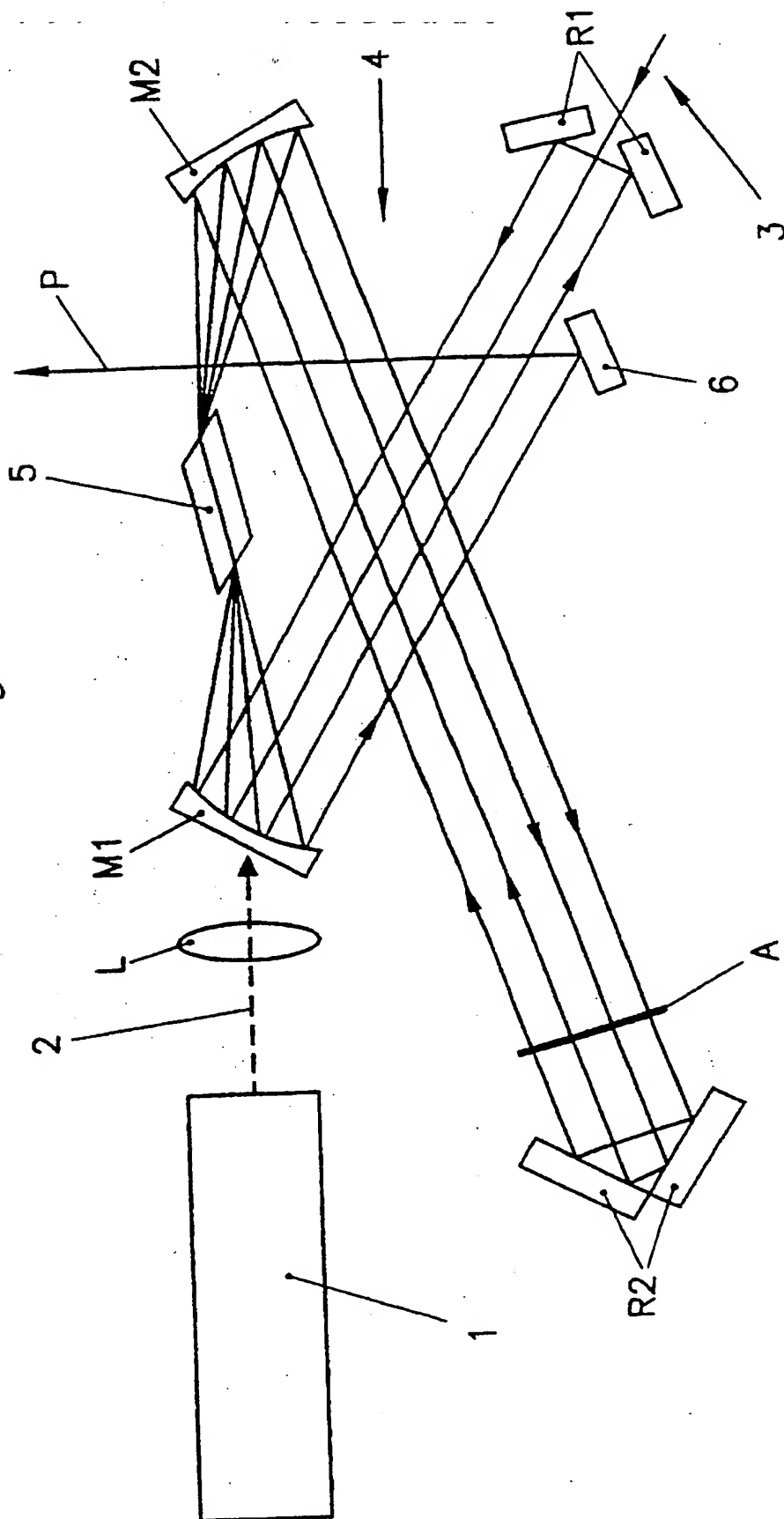


Fig. 2

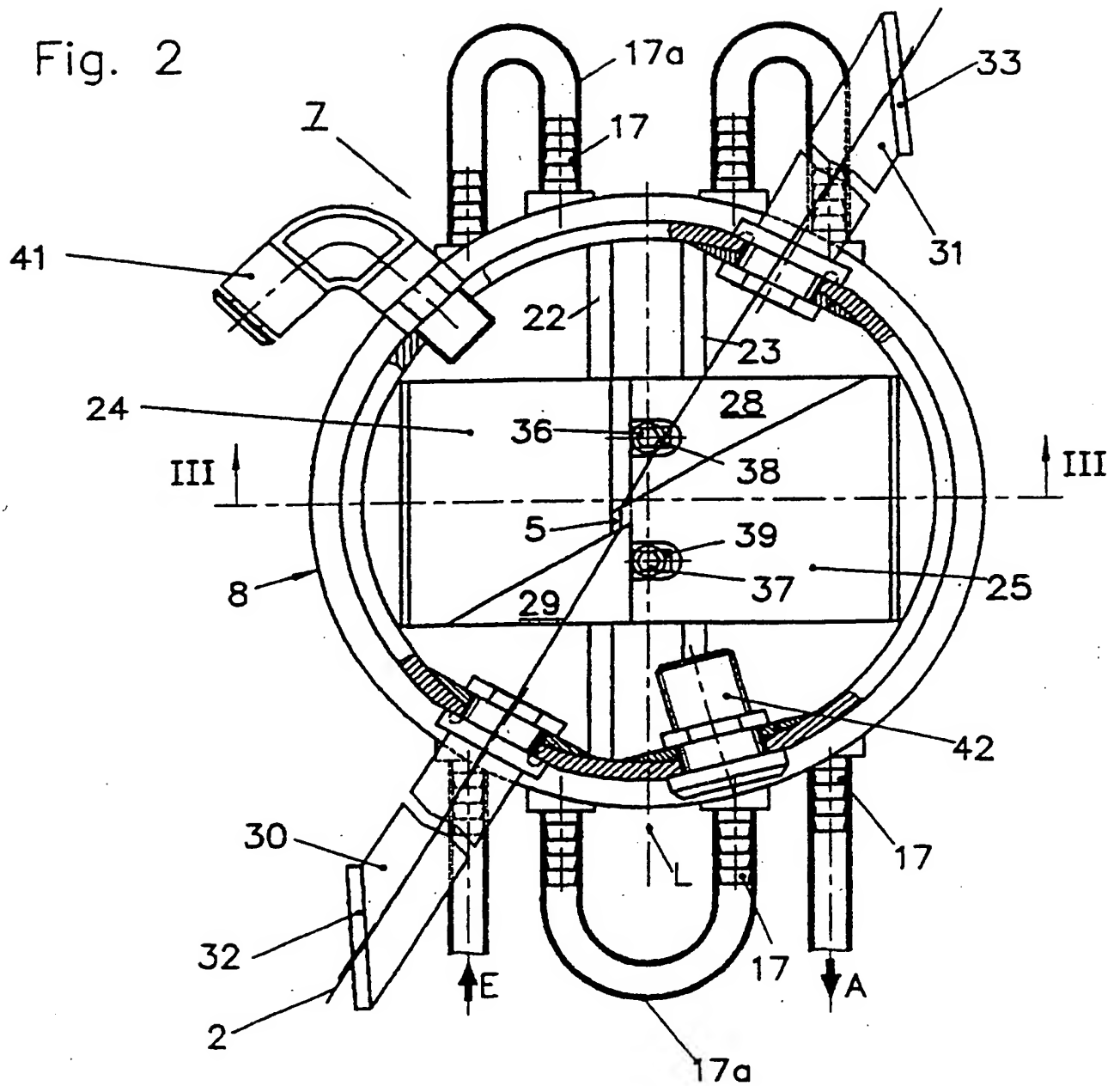
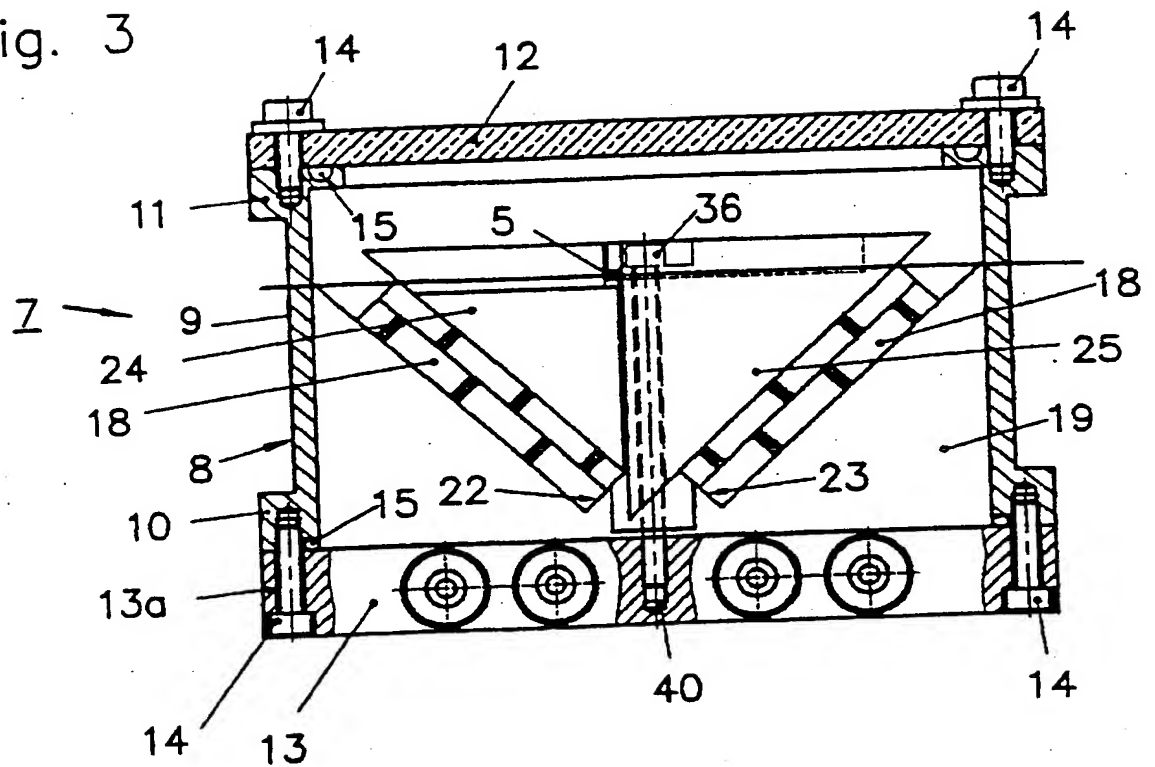


Fig. 3



4/8

Fig. 5

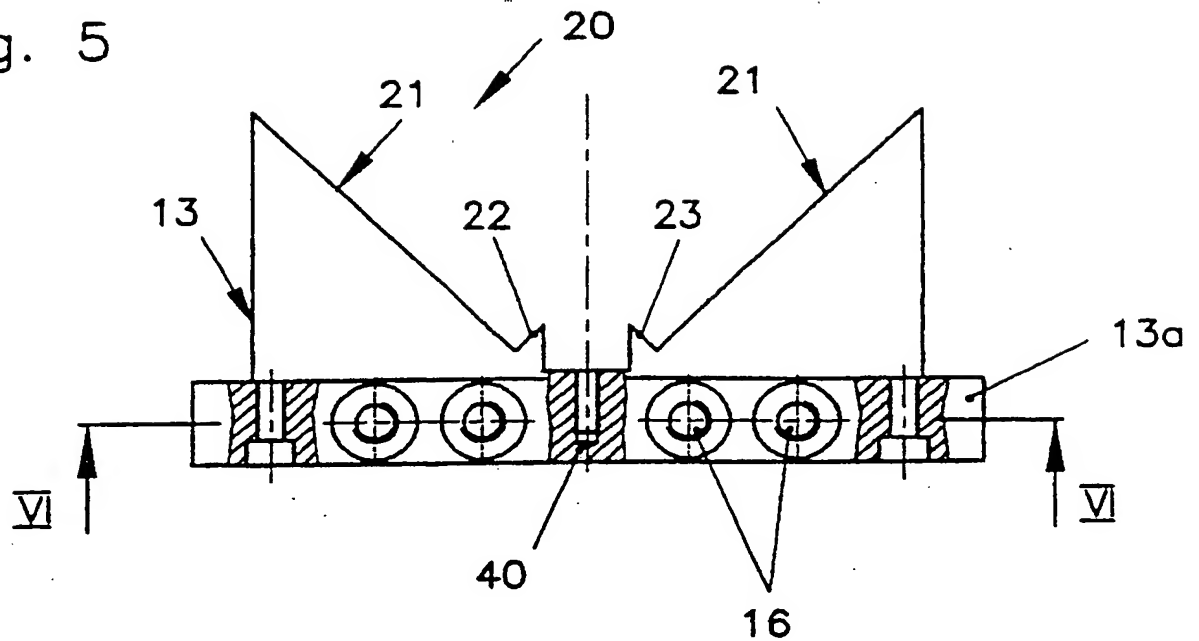


Fig. 4

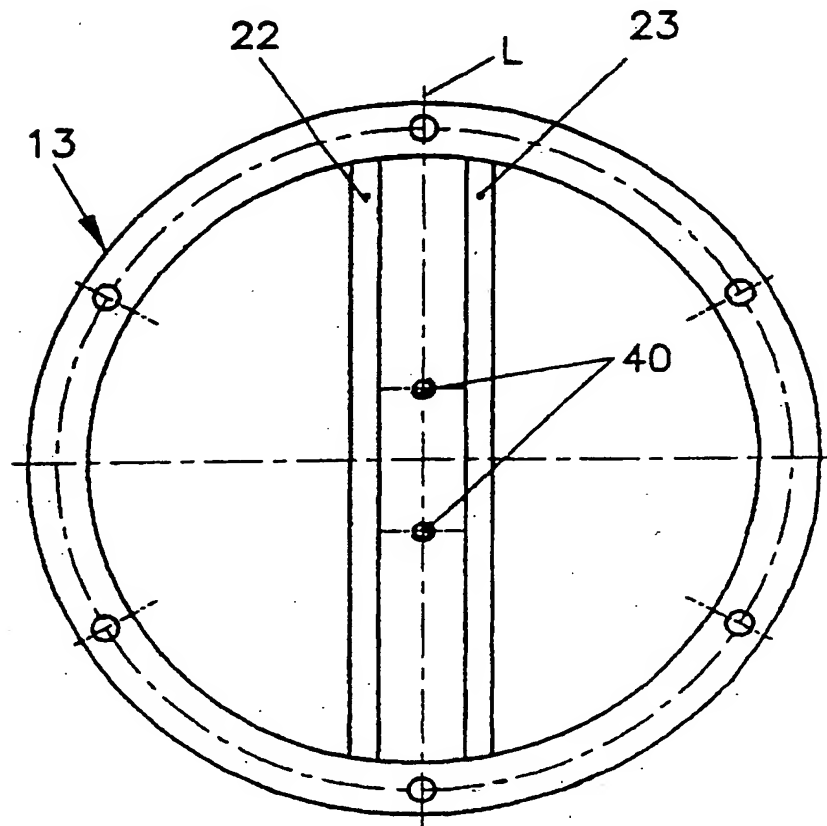


Fig. 6

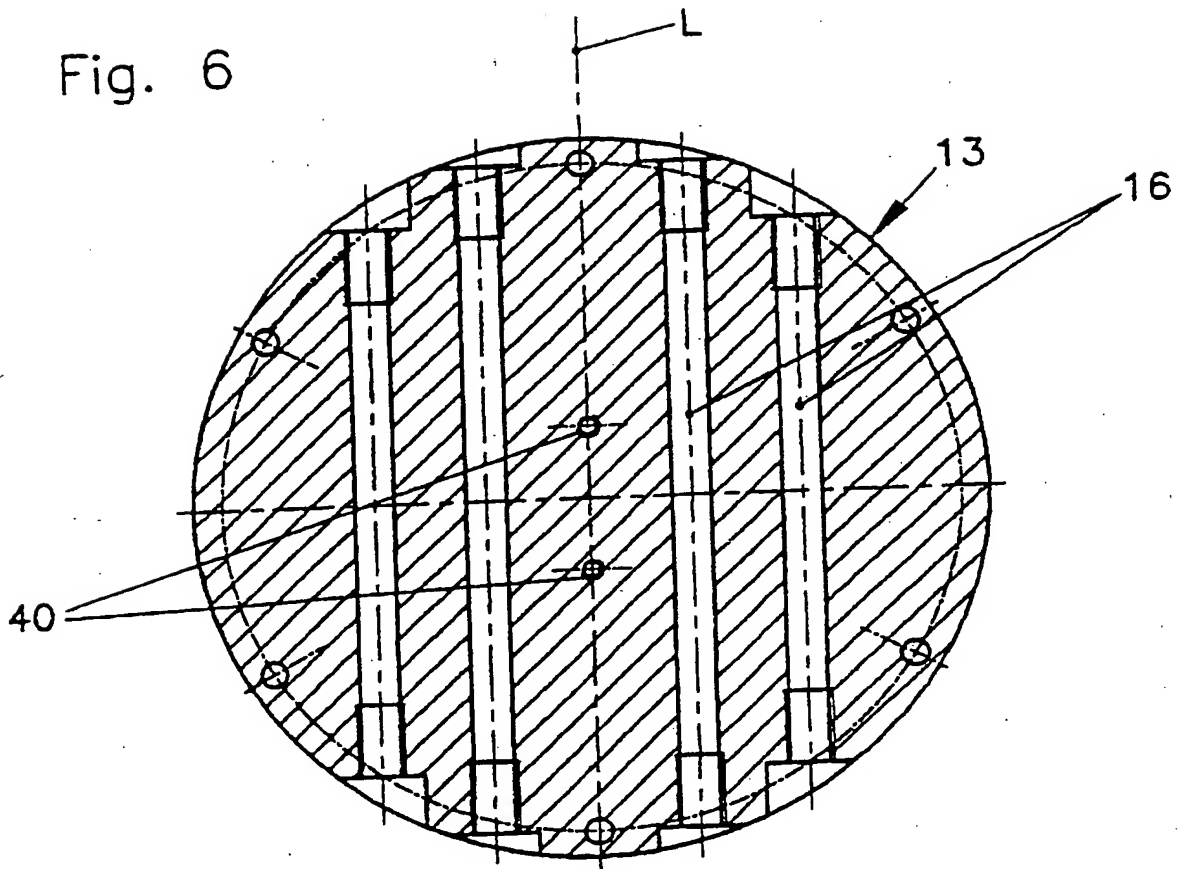


Fig. 7C

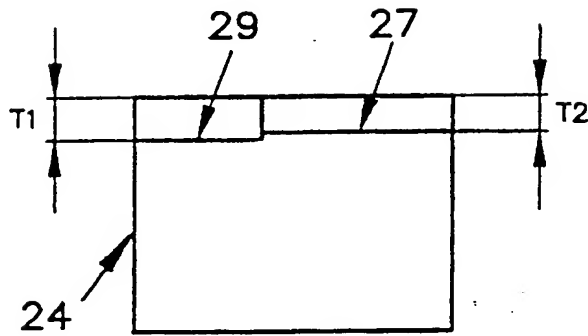


Fig. 7B

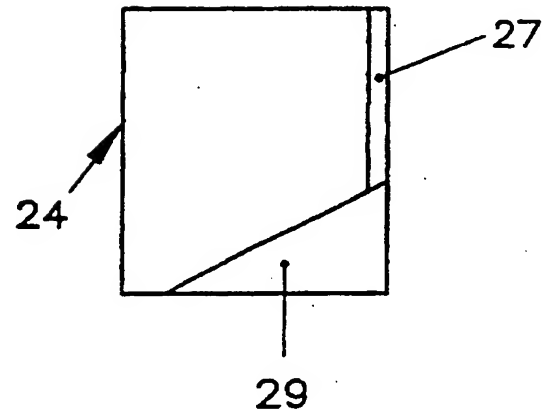
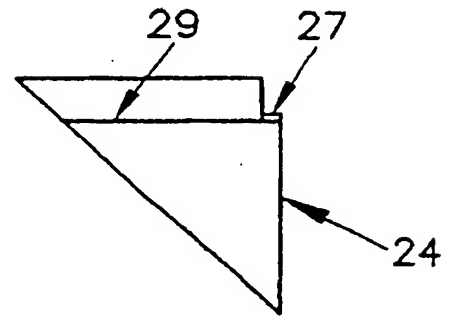


Fig. 7A

Fig. 8B

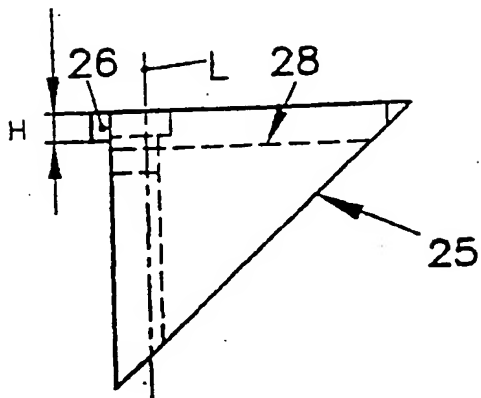


Fig. 8C

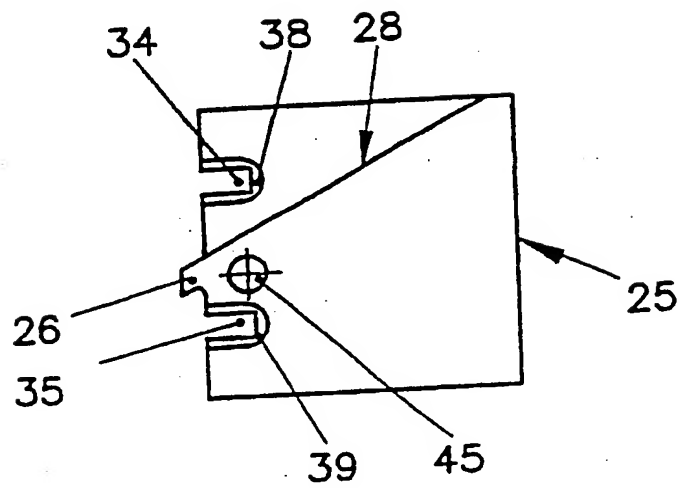
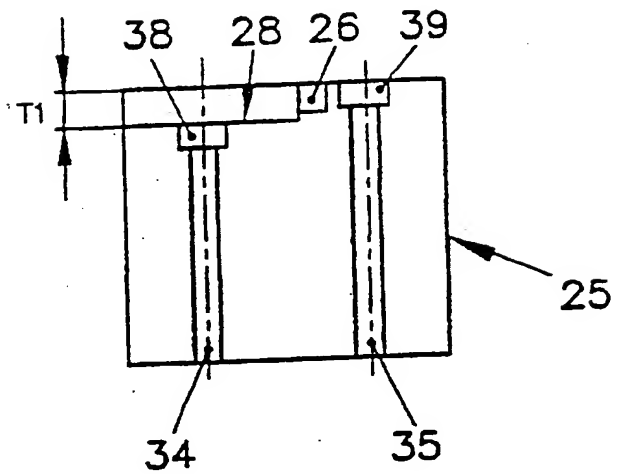


Fig. 8A

8/8

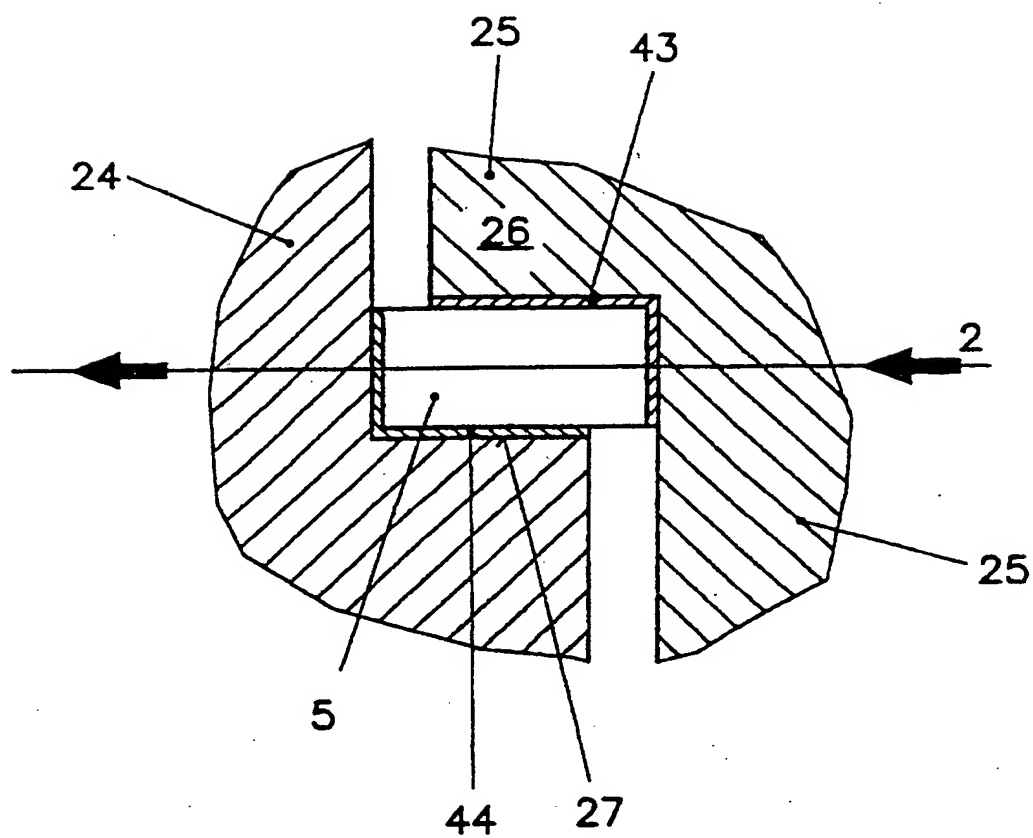


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Application No
PCT/AT 98/00256

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H01S3/02 H01S3/042

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 6 H01S

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 42 29 500 A (DEUTSCHE AEROSPACE) 10 March 1994 see column 1, line 29 - line 63; figure 1 ---	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 056 (E-302), 12 March 1985 & JP 59 197186 A (CANON KK), 8 November 1984 see abstract ---	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 411 (E-0973), 5 September 1990 & JP 02 156583 A (ASAHI GLASS CO LTD), 15 June 1990 see abstract --- -/--	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 January 1999

Date of mailing of the international search report

22/01/1999

Name and mailing address of the ISA
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Iasevoli, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/AT 98/00256

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 003, 28 April 1995 & JP 06 338569 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 6 December 1994 see abstract</p> <p>-----</p>	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/AT 98/00256

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
---	---------------------	----------------------------	---------------------

DE 4229500

A

10-03-1994

NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 98/00256

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H01S3/02 H01S3/042

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H01S

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 42 29 500 A (DEUTSCHE AEROSPACE) 10. März 1994 siehe Spalte 1, Zeile 29 - Zeile 63; Abbildung 1	1
Y	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 009, no. 056 (E-302), 12. März 1985 & JP 59 197186 A (CANON KK), 8. November 1984 siehe Zusammenfassung	1
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 411 (E-0973), 5. September 1990 & JP 02 156583 A (ASAHI GLASS CO LTD), 15. Juni 1990 siehe Zusammenfassung	1

-/--



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindnerischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

18. Januar 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/01/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Iasevoli, R

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie ^a	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 003, 28. April 1995 & JP 06 338569 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 6. Dezember 1994 siehe Zusammenfassung -----	1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/AT 98/00256

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 4229500	A	10-03-1994	KEINE

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.